FICHE TECHNIQUE

Ontario Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales

MALADIES ET ENNEMIS DES CULTURES

COMMANDE Nº 00-062

MAI 2000

AGDEX 641

# CLASSES DE MODES D'ACTION DES HERBICIDES

**H. Martin**

Les herbicides sont des produits chimiques aux structures chimiques complexes. Bien que chaque produit ait ses propriétés particulières, les herbicides d'une même famille présentent des structures chimiques semblables et de nombreuses caractéristiques communes. La présente fiche technique explique :

- le classement des herbicides par catégories en fonction de leur mode ou de leur site d'action;
- certains des symptômes et des lésions que les herbicides provoquent chez les plantes;
- le devenir de ces différents herbicides dans le sol.

La demi-vie de chaque herbicide qui est indiquée ci-après est la valeur typique ou moyenne donnée dans l'ouvrage intitulé *Weed Science Society of America Herbicide Handbook*. Ces valeurs varient en fonction des conditions de milieu et du type de sol.

## 1. HERBICIDES LÉSANT LES JEUNES POUSSES ET SUSCEPTIBLES DE MIGRER DES FEUILLES AUX RACINES

### A. HERBICIDES INHIBITEURS DE LA SYNTHÈSE DES LIPIDES (ACCase)

**Groupe 1 par le site d'action** — Inhibiteurs de l'acétyl CoA carboxylase (ACCase), également appelés « destructeurs du point végétatif des graminées »

**Symptômes des lésions provoquées chez les plantes**

- Aryloxyphénoxyproprionates (mobiles dans le phloème)
  Ces herbicides agissent uniquement contre les graminées. Ils ont tous un mode d'action systémique, mais le diclofop et le fénoxaprop diffusent peu et ne viennent pas à bout des graminées vivaces. Les tissus foliaires jeunes jaunissent (chlorose) ou brunissent (nécrose) et les feuilles du verticille s'arrachent à la moindre traction. Les symptômes apparaissent lentement. Les plantes ont tendance à devenir résistantes à ce groupe de produits.

- Cyclohexanédiones (systémiques)
  Mêmes remarques que pour les aryloxyphénoxyproprionates.

**Biodégradation des herbicides**

- Aryloxyphénoxyproprionates
  La plupart des herbicides de cette famille sont dégradés sous l'action des microbes (biodégradation). L'anaérobie (l'absence d'oxygène) peut retarder la dégradation. Faible mobilité dans le sol. Activité faible ou nulle dans le sol.

  *Demi-vie dans le sol :*
  *fénoxaprop — 9 jours (en aérobie), 30 jours (en anaérobie)*
  *fluazifop — 15 jours*
  *diclofop — 30 jours au pH 7,0*
  *quizalofop — 60 jours*

- Cyclohexanédiones
  La plupart des herbicides de cette catégorie sont dégradés par les microbes. Ils ne persistent en général pas dans le sol.

  *Demi-vie dans le sol :*
  *cléthodime — 3 jours*
  *séthoxydime — 5 jours*

**Tableau 1.** Inhibiteurs de l'ACCase

| NOM COMMERCIAL [1] | nom commun |
|---|---|
| **Aryloxyphénoxyproprionates (1) [2] « fop »** | |
| HOEGRASS | diclofop-méthyl |
| ACCLAIM SUPER | fénoxaprop-p-éthyl |
| EXCEL SUPER | fénoxaprop-p-éthyl |
| FUSILADE II | fluazifop-p-butyl |
| VENTURE | fluazifop-p-butyl |
| ASSURE II | quizalofop-p-éthyl |
| **Cyclohexanédiones (1) « dim »** | |
| SELECT | cléthodime |
| POAST ULTRA | séthoxydime |
| ACHIEVE | tralkoxydime |

1. Dans tous les tableaux, les noms COMMERCIAUX des herbicides figurent en majuscules et les noms communs, en minuscles.
2. Le numéro du groupe auquel appartient chaque herbicide, en fonction de son site d'action, est mis entre parenthèses (groupes établis par la *Weed Science Society of America*).

## B. HERBICIDES INHIBITEURS DE LA SYNTHÈSE DES ACIDES AMINÉS; INHIBITEURS DES ACIDES AMINÉS À CHAÎNE RAMIFIÉE

**Groupe 2 par le site d'action** — Inhibiteurs de l'acétolactase synthase (ALS), également appelée acétohydroxyacide synthase (AHAS)

**Symptômes des lésions provoquées chez les plantes**

- Imidazolinones (mobiles dans le phloème)
  Également appelés herbicides « imi ». Ils peuvent causer l'atrophie des graminées et le jaunissement (chlorose) ou la coloration violacée des régions internervaires. Chez les plants de maïs, ils peuvent causer le rabougrissement du plant, la mort ou l'atrophie d'une partie des racines. Les feuilles émises par le verticille peuvent être jaunes ou d'aspect translucide. Les dicotylédones peuvent subir un arrêt de croissance, souffrir de chlorose ou prendre une coloration violacée. Les feuilles peuvent prendre un aspect jauni et les nervures, une couleur rouge ou violette. Les symptômes mettent de 1 à 2 semaines à apparaître. Les plantes tendent à devenir résistantes à ce groupe de produits.

- Sulfonylurées (mobiles dans le phloème)
  Elles provoquent les mêmes symptômes que les imidazolinones.

- Sulfonanilides (mobiles dans le phloème)
  Les sulfonanilides sont également appelés triazolopyrimidines ou TPS. Ils provoquent les mêmes symptômes que les imidazolinones.

**Dégradation des herbicides**

- Imidazolinones
  La dégradation de ces herbicides s'opère surtout sous l'action des microbes et est très réduite en anaérobie. Ils se lient fortement à la matière organique du sol. Lorsque le sol est sec, ils sont adsorbés sur les particules de sol; par contre, en sol humide, ils sont livrés à la décomposition et à l'absorption par les plantes. Plus le pH du sol descend au-dessous de 6,5, plus l'herbicide se lie fortement à la matière organique du sol et ne peut être décomposé. Dans un sol humide et chaud dont le pH est supérieur à 6,5, la biodégradation s'accélère. La mobilité dans le sol est faible. La rémanence est plus grande dans les sols à pH faible, d'où un inconvénient pour la remise en culture avec des espèces sensibles.

  *Demi-vie dans le sol :*
  *imazamox — 20–30 jours,*
  *imazéthapyr — 60–90 jours,*
  *imazapyr — 25–142 jours selon les conditions*

- Sulfonylurées
  Principalement décomposées par hydrolyse et par l'action microbienne. Les sulfonylurées sont adsorbées plus fermement sur les particules de sol et de matière organique lorsque le sol est acide (pH faible). Leur persistance augmente dans les sols à pH élevé étant donné que l'hydrolyse acide cesse alors. La vitesse de l'hydrolyse est à son maximum lorsque le pH est inférieur à 6,8 et que le sol est chaud. La variation du pH à l'intérieur d'un champ peut influer fortement sur la capacité d'un herbicide à persister dans le sol. La persistance est plus élevée dans un sol à pH élevé.

**Tableau 2.** Inhibiteurs de l'ALS

| NOM COMMERCIAL | nom commun |
|---|---|
| **Imidazolinones (2)** | |
| VIPER[1] | imazamox |
| MERIDIAN[1] | imazamox |
| ARSENAL | imazapyr |
| PURSUIT | imazéthapyr |
| PATRIOT[2] | imazéthapyr |
| CLEANSWEEP[2] | imazéthapyr |
| CONQUEST[2] | imazéthapyr |
| **Sulfonylurées (s)** | |
| CLASSIC | chlorimuron |
| TELAR | chlorsulfuron |
| MUSTER | éthametsulfuron-méthyl |
| ACCENT | nicosulfuron |
| ULTIM | nicosulfuron /rimsulfuron |
| BEACON | primisulfuron |
| PEAK[3] | prosulfuron |
| ELIM | rimsulfuron |
| PRISM | rimsulfuron |
| PINNACLE | thifensulfuron |
| REFINE EXTRA | thifensulfuron-méthyl/ tribénuron-méthyl |
| UPBEET | triflusulfuron-méthyl |
| **Sulfonanilides (2)** | |
| FIRST RATE ** | cloransulam** |
| BROADSTRIKE DUAL | flumetsulam[4] |
| BROADSTRIKE TREFLAN | flumetsulam[4] |
| FIELDSTAR | flumetsulam[4] |
| STRIKER | flumetsulam[4] |
| *non déterminé* | foramsulam** |

** produit mis à l'essai (nom proposé), non encore homologué pour l'emploi au Canada (en juin 2000).

[1] VIPER et MERIDIAN sont vendus en emballages combinés contenant de l'imazamox et du fomésafène (REFLEX) ou du bentazone (BASAGRAN FORTE).

[2] PATRIOT est vendu sous forme de prémélange contenant de l'imazéthapyr et de l'atrazine; CLEANSWEEP et CONQUEST sont vendus sous forme d'emballages combinés contenant de l'imazéthapyr et du bentazone (BASAGRAN FORTE) ou de la métribuzine respectivement.

[3] PEAK est vendu sous forme d'emballages combinés contenant du prosulfuron (PEAK) et du dicamba (BANVEL II)

[4] Chacun des produits à base de flumetsulam contient d'autres ingrédients actifs.

*Demi-vie dans le sol :*
*triflusulfuron — 2–4 jours*
*tribénuron — 10 jours*
*prosulfuron — 10 jours*
*thifensulfuron — 12 jours*
*éthametsulfuron — ? jours*
*foransulam — ? jours*
*nicosulfuron — 21 jours*
*triflusulfuron — 2–4 jours*

*primisulfuron — 30 jours*
*chlorsulfuron — 40 jours*
*chlorimuron — 40 jours (plus si le pH est élevé)*

- Triazolopyrimidines sulfonanilides (TPS)
  Ces herbicides sont principalement dégradés par les microbes. L'activité microbienne et la dégradation augmentent de pair avec le pH du sol. La vitesse de dégradation augmente dans les sols à pH élevé parce que le produit chimique n'est pas adsorbé sur les particules de sol dans ce type de sols; il est donc assimilable par la plante et livré à la dégradation par les microbes. Tous les facteurs qui augmentent l'activité microbienne augmentent aussi la dégradation des herbicides. La persistance est plus élevée dans les sols à pH faible; il faut éviter d'intégrer des espèces sensibles dans la rotation quand on utilise certains TPS.

*Demi-vie dans le sol :*
*cloransulam — 8–10 jours*
*flumetsulam — 1–3 mois, moins lorsque le pH est élevé)*

## C. HERBICIDES INHIBITEURS DE LA SYNTHÈSE DES ACIDES AMINÉS AROMATIQUES

Dérivés des acides aminés (glycines )

**Groupe 9 par le site d'action** — Inhibiteurs de la 5-enol-pyruvylshikimimate-3-phosphate synthase (EPSPS)

**Symptômes des lésions provoquées chez les plantes**

- Inhibiteurs de la synthèse des acides aminés aromatiques (EPSP synthase) (mobiles dans le phloème)
  C'est le groupe d'herbicides qui se diffusent le plus dans la plante. Le feuillage commence par jaunir (les jeunes feuilles en premier), puis vire au brun et meurt dans les 10-14 jours qui suivent le traitement. La résistance a été constatée mais ne pose pas encore de problème.

**Tableau 3.** Dérivés des acides aminés

| NOM COMMERCIAL | nom commun |
|---|---|
| **Glycines (9)** | |
| CREDIT | glyphosate IPA[1] |
| GLYFOS | glyphosate IPA |
| ROUNDUP*** | glyphosate IPA |
| VANTAGE*** | glyphosate IPA |
| VISION*** | glyphosate IPA |
| TOUCHDOWN*** | glyphosate TMS[2] |

*** Il existe divers produits et formulations.
1. IPA : glyphosate sous forme de sel d'isopropylamine.
2. TMS : glyphosate sous forme de sel de triméthylsulfonium, également appelé sulfosate.

**Dégradation de l'herbicide**

- Le glyphosate est rapidement et fermement adsorbé sur les particules de sol. Il n'a donc pas d'action dans le sol à cause de la rapidité de l'adsorption. L'activité microbienne et la vitesse de la dégradation varient selon le sol et la microflore. Le processus de dégradation à long terme n'est pas apparent dans le champ du point de vue de l'assimilabilité à cause de la forte adsorption sur les particules de sol.

*Demi-vie dans le sol : glyphosate – 47 jours*

## D. HERBICIDES AUXINIQUES (SUBSTANCES DE CROISSANCE)

**Groupe 4 par le site d'action** — Auxines de synthèse, site(s) d'action précis non élucidés

**Symptômes des lésions provoquées chez les plantes**

- Acides phénoxys (très mobiles dans le phloème)
  Chez les dicotylédones, on observe des tiges tordues et des feuilles malformées (feuilles à bords relevés en « cuillère », crispées, rubanées, à nervures parallèles). Chez les plants de maïs, on voit des feuilles enroulées en « feuilles d'oignon », des racines d'ancrage soudées, des tiges fragiles et recourbées en « col de cygne », des grains manquants sur l'épi. Chez les céréales à paille, les feuilles de l'épi sont tordues, les fleurs stériles ou dédoublées, les barbes vrillées et les épis malformés. La résistance est possible, mais ne pose pas encore de problème.

**Tableau 4.** Herbicides auxiniques

| NOM COMMERCIAL | nom commun |
|---|---|
| **Acides phénoxys (4)** | |
| divers *** | 2,4-D |
| ESTAMINE | 2,4-D |
| ESTASOL | 2,4-D |
| divers *** | 2,4-DB |
| CALIBER | 2,4-DB |
| COBUTOX | 2,4-DB |
| EMBUTOX | 2,4-DB |
| divers *** | dichlorprop |
| divers *** | MCPA |
| divers *** | MCPB |
| CLOVITOX PLUS | MCPB /MCPA |
| TROPOTOX PLUS | MCPB /MCPA |
| divers *** | mécroprop |
| **Acides benzoïques (4)** | |
| BANVEL II | dicamba |
| CADENCE | dicamba |
| DISTINCT[1] | dicamba |
| divers *** | dicamba |
| **Acides pyridiniques (4)** | |
| LONTREL | clopyralide |
| TRANSLINE | clopyralide |
| FIELDSTAR[2] | clopyralide |
| STRIKER[2] | clopyralide |
| TORDON | piclorame |
| GARLON | triclopyr |

*** Il existe plusieurs produits et formulations.
1. DISTINCT contient aussi du diflufenzopyr qui est un inhibiteur du transport des auxines.
2. FIELDSTAR et STRIKER contiennent aussi du flumetsulam.

- Acides benzoïques (très mobiles dans le phloème)
  Les lésions causées par le dicamba ressemblent à celles causées par les acides phénoxys, mais chez les dicotylédones, la déformation des feuilles en « cuillère » est plus fréquente que les taches rubanées des tissus foliaires. Comparativement aux acides phénoxys, les acides benzoïques peuvent causer plus de déformation des tiges en « col de cygne » chez le maïs et plus de verse chez les petites céréales (surtout le blé). La résistance est possible, mais ne pose pas encore de problème.

- Acides pyridiniques (très mobiles dans le phloème)
  Les pyridines sont également appelées acides carboxyliques. Elles causent les mêmes lésions que les phénoxys. La résistance est possible, mais ne pose pas encore de problème.

**Dégradation des herbicides**

- Acides phénoxys
  La dégradation est d'origine microbienne dans les sols humides et chauds. La vitesse de dégradation est d'autant plus rapide que la température, l'humidité, le pH et la teneur en matière organique sont élevés. Ces herbicides sont susceptibles d'une certaine mobilité, mais le lessivage est réduit par la dégradation rapide.

  *Demi-vie dans le sol :*
  *2,4-DB — 5 jours*
  *MCPA — 5–6 jours*
  *dichlorprop — 10 jours*
  *2,4-D — 10 jours*
  *MCPB — 14 jours*
  *mécroprop — 21 jours*

- Acides benzoïques
  Ces herbicides disparaissent surtout par volatilisation et biodégradation. Le dicamba est très mobile dans le sol, surtout dans les sols sableux, mais le risque de lessivage va de faible à moyen du fait de la rapidité de la dégradation. La persistance est plus élevée quand les précipitations sont faibles ou que le sol est peu humide.

  *Demi-vie dans le sol : dicamba — moins de 14 jours*

- Acides pyridiniques
  Ces herbicides sont dégradés par la lumière (photodégradation) et les microbes (biodégradation). Ils sont dégradés plus lentement que les acides phénoxys ou benzoïques. Le clopyralide est dégradé seulement par les microbes.

  *Demi-vie dans le sol :*
  *triclopyr — 30 jours*
  *clopyralide — 40 jours*
  *piclorame — 90 jours*

**E. HERBICIDES INHIBITEURS DES PIGMENTS (HERBICIDES DÉCOLORANTS)**

- Triazoles (amitrole)
  **Groupe 11 par le site d'action** — Inhibiteurs de la biosynthèse des caroténoïdes

- Isoxazolidinones (clomazone)
  **Groupe 13 par le site d'action** — Inhibiteurs de la biosynthèse des caroténoïdes

- Isoxazoles (isoxaflutole) et trikétones (mésotrione)
  **Groupe 28 par le site d'action** — Inhibiteurs de la dioxygénase du pyruvate de p-hydroxyphényle (HPPD)

**Tableau 5.** Inhibiteurs des pigments

| NOM COMMERCIAL | nom commun |
|---|---|
| AMITROLE (11) | amitrole |
| COMMAND (13)** | clomazone ** |
| **HPPD (28)** | |
| CONVERGE[1] | isoxaflutole |
| *non déterminé* | mésotrione ** |

** Produit mis à l'essai (le nom est proposé), non encore homologué pour l'emploi au Canada (en juin 2000).

1. CONVERGE est vendu sous forme d'emballage combiné contenant de l'isoxafluole et de l'atrazine.

**Symptômes des lésions provoquées chez les plantes**

- Inhibiteurs des pigments (action systémique)
  Les organes des plantes atteintes pâlissent et deviennent blanches ou translucides. Les espèces sensibles peuvent réussir à lever, mais les plantules sont blanches et ne tardent pas à mourrir.

**Dégradation des herbicides**

La dégradation du clomazone est assurée principalement par les microbes, et un peu par la lumière (photodégradation). La façon dont l'amitrole est dégradé n'a pas eté élucidée. L'isoxaflutole est dégradé par les microbes. On ne sait pas encore si les plantes développent de la résistance à ces herbicides.

*Demi-vie dans le sol :*
*amitrole — 14 jours*
*clomazone — 24 jours*
*isoxaflutole — 28 jours*

**2. HERBICIDES LÉSANT LES TISSUS ÂGÉS ET SUSCEPTIBLES DE MIGRER SEULEMENT VERS LE HAUT**

**HERBICIDES INHIBITEURS DE LA PHOTOSYNTHÈSE**

- Triazines, uraciles, phényl-carbamates, pyridazinones
  **Groupe 5 par le site d'action** — Inhibiteurs de la photosynthèse au niveau du photosystème II, site A
  Bloque le transport des électrons et le transfert de l'énergie lumineuse.

- Urées substituées
  **Groupe 7 par le site d'action** — Inhibiteurs de la photosynthèse au niveau du photosystème II, site B
  Bloque le transport des électrons et le transfert de l'énergie lumineuse.

- Autres — Benzothiadiazoles (bentazone), nitriles (bromoxynil), phényl-pyridazines (pyridate)
  **Groupe 6 par le site d'action** — Inhibiteurs de la photosynthèse au niveau du photosystème II, site A

**Symptômes des lésions provoquées chez les plantes**

- Triazines (mobiles dans le xylème)
  Ces herbicides migrent seulement dans le xylème (vers le haut seulement). Les lésions se manifestent après la sortie des cotylédons et des premières vraies feuilles. Elles comprennent le jaunissement du bord ou de la pointe des feuilles et le jaunissement des zones internervaires chez les dicotylétones. Les feuilles les plus âgées et les plus grandes sont atteintes en premier. Les tissus foliaires lésés finissent par brunir et mourir. Les plantes croissant en sols à pH élevé (plus de 7,2) subissent plus de dommages. Les plantes ont tendance à développer une résistance aux triazines, ce qui peut poser un problème agronomique.

- Urées substituées et uraciles (mobiles dans le xylème)
  Ces herbicides provoquent les mêmes symptômes que les triazines. Les plantes ne développent en général pas de résistance, mais on a observé qu'un emploi répété pendant longtemps entraîne des cas de résistance.

- Autres — bentazone, bromoxynil, pyridate (herbicides de contact)
  Les lésions se limitent au feuillage qui est entré en contact avec l'herbicide. À faibles doses, ces herbicides provoquent les mêmes symptômes que les inhibiteurs de la photosynthèse. À fortes doses, les symptômes ressemblent à ceux des herbicides qui perturbent les membranes cellulaires. Les concentrés d'huile minérale et autres additifs peuvent intensifier les symptômes. Les graminées sont généralement tolérantes aux inhibiteurs de la photosynthèse non systémiques.

**Dégradation des herbicides**

- Triazines
  La dégradation est surtout due à l'action microbienne mais, dans les sols à pH faible, l'hydrolyse acide est le principal mécanisme de la dégradation. L'assimilabilité des herbicides est plus grande dans les sols sablonneux en raison du faible nombre de sites d'adsorption et des températures plus élevées. La persistance est plus grande en période de sécheresse, quand il fait froid, et dans les sols sablonneux. Elle est également plus grande dans les sols pauvres en matière organique, pauvres en argile, ou dont le pH est élevé. Il faut donc éviter que des espèces sensibles succèdent dans la rotation.

**Tableau 6.** Inhibiteurs de la photosynthèse

| NOM COMMERCIAL | nom commun |
|---|---|
| **Triazines (5)** | |
| AATREX | atrazine |
| divers *** | atrazine |
| BLADEX | cyanazine |
| VELPAR | hexazinone |
| SENCOR | métribuzine |
| LEXONE | métribuzine |
| divers *** | métribuzine |
| GESAGARD | prométryne |
| SIMADEX | simazine |
| PRINCEP | simazine |
| **Uraciles (5)** | |
| HYVAR | bromacil |
| SINBAR | terbacil |
| **Phényl-carbamates (5)** | |
| BETANEX | desmédiphame |
| SPIN-AID | phenmédiphame |
| **Pyridazinones (5)** | |
| PYRAMIN | pyrazone |
| **Autres** | |
| BASAGRAN (6) | bentazone |
| PARDNER (6) | bromoxynil |
| LENTAGRAN (6) | pyridate |
| **Urées substituées (7)** | |
| KARMEX | diuron |
| AFOLAN | linuron |
| LOROX | linuron |
| PATORAN | métobromuron |
| AFESIN | monolinuron |

*** Il existe divers produits et formulations.

*Demi-vie dans le sol :*
*cyanazine — 14 jours*
*métribuzine — 30–60 jours*
*atrazine — 60 jours*
*prométryne — 60 jours*
*simazine — 60 jours*
*hexazinone — 90 jours*

- Urées substituées et uraciles
  Ces herbicides disparaissent principalement sous l'action des microbes.

*Demi-vie dans le sol :*
*métobromuron — 30 jours*
*monolinuron — 45–60 jours*
*linuron — 60 jours*
*bromacil — 60 jours*
*diuron — 90 jours*
*terbacile — 120 jours*

- Autres — bentazone, bromoxynil, pyridate
  Principalement dégradés par les microbes.

*Demi-vie dans le sol :*
*bromoxynil — 7 jours*
*pyridate — 7–21 jours*
*bentazone — 20 jours*
*pyrazone — 21 jours*
*phenmédiphame — 25–30 jours*
*desmédiphame — < 30 jours*

## 3. HERBICIDES À ÉPANDRE SUR LE SOL SUSCEPTIBLES DE LÉSER LES PLANTULES À LA LEVÉE

### INHIBITEURS DE LA CROISSANCE DES PLANTULES (OU DES CELLULES)

- Dinitroanalines et pyridines (dithiopyr)
  **Groupe 3 par le site d'action** — Inhibiteurs de l'assemblage des microtubules, de la protéine (tubuline) qui intervient dans la division cellulaire; interruption de la mitose (inhibiteurs des racines)

- Carbamothioates et phosphorodithioates
  **Groupe 8 par le site d'action** — Conjugaison de l'acétyl co-enzyme A, site précis non connu (inhibiteurs des pousses)

- Chloro-acétamides et acétamides
  **Groupe 15 par le site d'action** — Conjugaison de l'acétyl co-enzyme A, site précis non connu (inhibiteurs des pousses)

**Symptômes des lésions provoquées chez les plantes**

- Dinitroanalines
  Les plantes ont du mal à lever, elles sont rabougries et leurs racines latérales sont courtes et épaisses. Les plantules des graminées (y compris le maïs) sont courtes et épaisses et peuvent avoir une coloration rouge ou violette. Chez les dicotylédones, l'hypocotyle (portion de la tige située sous les cotylédons) peut être gonflé et fendillé. Ces herbicides migrent très peu à l'intérieur de la plante. Quelques problèmes de résistance se posent.

- Chloro-acétamides (mobiles dans le xylème seulement)
  Les tigelles sont rabougries et les plantules qui parviennent à lever sont malformées. Les graminées peuvent émettre leurs feuilles sous le sol et les tigelles prennent un aspect anormal quand les feuilles ne se déploient pas correctement. Chez les dicotylédones, les feuilles sont crispées et la nervure centrale est courte, ce qui donne à la feuille la forme d'un coeur et l'air d'avoir été froncée en son milieu par une coulisse. Les plantes ne développent pas de résistance.

- Carbamothioates (mobiles dans le xylème seulement)
  Ces herbicides portent aussi le nom de thiocarbamates. Ils peuvent provoquer le rabougrissement des tigelles et une mauvaise levée. Chez les graminées, la tige ne réussit pas à émerger du coléoptile ou émet ses feuilles sous le sol. Comme parfois la pointe des feuilles ne se dégage pas du coléoptile, la feuille a l'aspect d'un fouet. Chez les dicotylédones, on peut observer des feuilles crispées ou froncées, ou des bourgeons qui ne s'ouvrent pas. Les plantes ne développent pas de résistance.

**Tableau 7.** Inhibiteurs de la croissance des plantules

| NOM COMMERCIAL | nom commun |
|---|---|
| **Dinitroanalines (3)** | |
| EDGE | éthalfluraline |
| PROWL | pendiméthaline |
| BONANZA | trifluraline |
| RIVAL | trifluraline |
| TREFLAN | trifluraline |
| **Pyridine (3)** | |
| DIMENSION | dithiopyr |
| **Carbamothioates (8)** | |
| SUTAN | butylate |
| RO-NEET | cycloate |
| ERADICANE | EPTC |
| EPTAM | EPTC |
| AVADEX | triallate |
| **Phosphorodithioates (8)** | |
| BETASAN | bensulide |
| **Chloro-acétamides (15)** | |
| FRONTIER | dimethénamide |
| AXIOM[1] | flufenacet |
| DUAL | métolachlore |
| **Acétamides (15)** | |
| DEVRINOL | Napropamide |

1. AXIOM contient du flufenacet et de la métribuzine.

**Dégradation des herbicides**

- Dinitroanalines
  Ces produits disparaissent sous l'action de la photodégradation et des microbes. Ils demandent en général à être incorporés dans le sol. La dégradation microbienne est plus rapide en anaérobie. La persistance est plus longue dans les sols frais et secs. Il arrive que la dégradation microbienne soit accélérée (dans les « sols à antécédents ») et réduise l'efficacité du traitement herbicide.

  *Demi-vie dans le sol :*
  *dithiopyr — 17 jours*
  *pendiméthaline — 44 jours*
  *trifluraline — 45 jours*
  *éthalfluraline — 60 jours*

- Chloro-acétamides
  La dégradation est principalement assurée par les microbes. La persistance est plus grande en conditions d'anaérobie et dans les sols frais.

  *Demi-vie dans le sol :*
  *diméthénamide — 20 jours*
  *métolachlore — 30–50 jours*
  *flufenacet — 45–60 jours*
  *napropramide — 70 jours*

- Carbamothioates
  Ces herbicides sont métabolisés par les microbes du sol. Une dégradation accélérée (dans les « sols à antécédents ») peut se produire après des applications répétées là où les microbes peuvent décomposer rapidement l'herbicide, réduisant par conséquent son efficacité. Les carbamothioates demandent en général à être incorporés dans le sol.

  *Demi-vie dans le sol :*
  *EPTC — 6 jours*
  *butylate — 13 jours*
  *cycloate — 30 jours*
  *triallate — 82 jours*
  *bensulide — 120 jours*

## 4. HERBICIDES AGISSANT IMMÉDIATEMENT, À DIFFUSION NULLE OU TRÈS FAIBLE

### HERBICIDES PERTURBANT LES MEMBRANES CELLULAIRES (HERBICIDES DE CONTACT)

- Acides aminés phosphorylés (aussi appelés acides phosphiniques)
  **Groupe 10 par le site d'action** — Inhibiteurs de la glutamine synthétase, aussi appelés inhibiteurs de l'assimilation de l'ammoniaque

- Éthers de diphényle et oxadiazoles
  **Groupe 14 par le site d'action** — Inhibiteurs de la protoporphyrinogène oxydase (PPO ou Protox)

- Dipyridyles
  **Groupe 22 par le site d'action** — Photosystème I – diffraction des électrons

**Symptômes des lésions provoquées chez les plantes**

- Acides aminés phosphorylés (herbicides de contact diffusant peu dans le phloème/xylème)
  La chlorose et le jaunissement apparaissent généralement au bout de 3 à 5 jours, puis une nécrose au bout d'une à deux semaines. Les symptômes apparaissent plus vite si l'ensoleillement est abondant et l'humidité est élevée. Les plantes ne développent en général pas de résistance.

- Dipyridyles (herbicides de contact)
  Les feuilles des plantes lésées prennent un aspect flasque et aqueux, puis leurs tissus brunissent. Des petites taches foliaires se manifestent sur les plantes touchées par la dérive du brouillard herbicide.

- Éthers de diphényle (herbicides de contact)
  Les feuilles des plantes virent au jaune puis brunissent et meurent. Des petites taches rougeâtres peuvent apparaître sur la surface des feuilles peu après le traitement. Les plantes qui ne meurent pas cessent parfois de se développer pendant environ une semaine. Les huiles minérales et autres additifs peuvent intensifier les lésions causées aux plantes. Les plantes ne développent pas de résistance.

- Oxadiazoles (herbicides de contact)
  Quand l'herbicide a été appliqué sur le sol, les plantules lèvent, mais elles se fanent et meurent. Les traitements foliaires causent la chlorose et la mort au bout d'un jour ou deux. Les plantes ne développent pas de résistance.

**Dégradation des herbicides**

- Acides aminés phosphorylés
  Dégradés rapidement par les microbes du sol.

  *Demi-vie dans le sol : glufosinate — 7 jours*

- Éthers de diphényle
  Dégadrés par la lumière (photodégradation) et par les microbes. Le fomésafène se dégrade plus rapidement en conditions d'anaérobie.

  *Demi-vie dans le sol :*
  *acifluorfène — 14–60 jours*
  *oxyfluorfène — 35 jours*
  *fomesafène — 100 jours*

- Dipyridyles
  Fortement adsorbés sur les particules de sol. Ils ne sont pas assimilables par les plantes ni décomposés par les microbes.

  *Demi-vie dans le sol :*
  *difenzoquat — < 4 semaines*
  *diquat — 1000 jours*
  *paraquat — 1000 jours*

- Oxadiazoles (herbicides de contact)
  Fortement adsorbés sur les colloïdes du sol.

  *Demi-vie dans le sol : oxydiazon — 60 jours*

**Tableau 8.** Perturbateurs des membranes cellulaires

| NOM COMMERCIAL | nom commun |
|---|---|
| **Acides aminés phosphorylés (10)** | |
| IGNITE | glufosinate ammonium |
| LIBERTY | glufosinate ammonium |
| **Éthers de diphényle (14)** | |
| BLAZER | acifluorfène |
| REFLEX | fomésafène |
| GOAL | oxyfluorfène |
| **Oxadiazoles (14)** | |
| RONSTAR | oxydiazon |
| **Dipyridyles (22)** | |
| AVENGE | difenzoquat |
| GRAMOXONE | paraquat |
| REGLONE | diquat |

### AUTRES HERBICIDES

- Casoron (mobile dans le xylème)
  **Groupe 20 par le site d'action** — famille chimique des nitriles; agit en inhibant la synthèse des parois cellulaires (cellulose). Bloque le transport des électrons et le

transfert de l'énergie lumineuse. Le diclobénil est un herbicide systémique et, quand il est appliqué sur le sol, il empêche en général la levée des plantules sensibles.

- **Avenge** — difenzoquat (mobile dans le xylème)
  **Groupe 8 par le site d'action** — famille chimique des pyrazoliums, dont le mode d'action n'a pratiquement pas été élucidé.

  Les lésions se manifestent par la chlorose et la nécrose au bout de 3–7 jours. Certaines espèces sont résistantes, mais ne posent pas un grand problème du point de vue agronomique.

  *Demi-vie dans le sol : difenzoquat — < 4 semaines*

- **Alanap** — naptalame
  **Groupe 19 par le site d'action** — famille chimique des phthalamates; agit par inhibition du transport des auxines. La diffusion à l'intérieur de la plante est plutôt restreinte.

  Symptômes des lésions — Réaction antigéotropique puissante, avec enroulement de toutes les feuilles vers le bas, qui contrarie l'orientation normale des racines vers le bas dans le sol et celle des pousses, vers la lumière.

  Dégradation microbienne

  *Demi-vie dans le sol : naptalame — 14 jours*

**Remerciements**
Nous remercions le Secrétariat d'État pour sa contribution financière à la réalisation de la présente fiche technique.

Cette fiche a été rédigée par **Hugh Martin**, spécialiste de la lutte contre les mauvaises herbes, ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario, Guelph.

Nous remercions également le Dr J.C. Hall, Département de biologie environnementale, Université de Guelph, qui a assuré la révision de la fiche technique.

**Ressources bibliographiques :**

- *Herbicide Mode of Action and Injury Symptoms*, Jeffery L. Gunsolus et William S. Curran, North Central Regional Publication 377, 1994, http://www.mes.umn.edu/documents/d/c/dc3832.html

- *Herbicide Mode of Action and Injury Symptoms*, cédérom, Jeffery L. Gunsolus *et al*, University of Minnesota Extension Service, 1999.

- *Herbicide Mode-of-Action Categories*, par Merrill A. Ross et Thomas N. Jordan, Purdue University, 1999.

- *Classification of Herbicides According to Mode of Action*, avril 1999, Robert Schmidt, http://plantprotection.org/HRAC/MOA.html

- *WSSA Herbicide Handbook*, Weed Science Society of America, 1994 et supplément 1998.

**www.gov.on.ca/omafra**

**POD**
ISSN 1198-7138
Also available in English
(Order No. 00-061)

Ontario

*00-062*